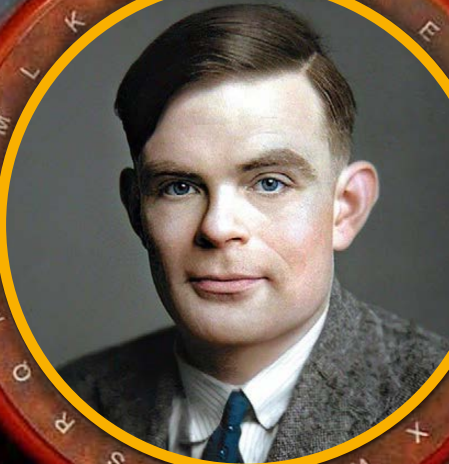
WAAROM ALAN TURING EEN HELD IS

KATLEEN GABRIELS EN ANN DOOMS



Zijn computers intelligenter dan mensen?

Wanneer komen de cyborgs?

Hoe ging de eerste hacker te werk?

Waar ligt de grens tussen mens en machine?

EDITIE 2020/2021 WWW.SPINOZALENS.NL





1071







09107112930 129

Alan Turing was behalve een wiskundig genie, ook een fervent hardloper. Foto © Crown Copyright, 1046.

De eerste hacker

Computers dwingen ons na te denken over onze plaats in de wereld. Ze kunnen beter rekenen dan mensen. Maar zijn ze ook even slim? En zijn we op den duur vervangbaar door robots? Alan Turing was de eerste geleerde die zich vragen ging stellen over onze relatie met digitale machines. Turing wordt als de vader van de computer beschouwd. Tijdens de Tweede Wereldoorlog lukte het hem met een machine de geheime codes van de Duitsers te kraken.

Hoeveel is 40982 x 9825? Voor ons is dit een pittige vraag, voor een computer een fluitje van een cent. Betekent dit dat een computer slimmer is? Het hangt er maar vanaf wat je onder intelligentie verstaat. Je hebt analytische, maar ook sociale, creatieve en emotionele intelligentie. Wat gemakkelijk is voor computers, is vaak heel moeilijk voor ons en omgekeerd. Op rekenkundig vlak overstijgen computers de mens. Maar voor een robot is het bijvoorbeeld heel lastig om de gevoelens van mensen in te schatten. Terwijl wij ons tamelijk vanzelfsprekend in gevoelens van anderen kunnen verplaatsen: evolutie trainde ons daar gedurende meer dan 200.000 jaren in. Voor computers vormt emotionele intelligentie dus nog een enorme uitdaging. Kortom, de menselijke intelligentie wint nog altijd, maar hoelang nog?

The Bombe

De eerste geleerde die zich vragen ging stellen over het onderscheid tussen mens en computer is de beroemde Britse wiskundige Alan Turing (1912-1954). Vanaf 2021 prijkt zijn hoofd op bankbiljetten van 50 pond. Dit is een grote en volkomen terechte eer. Zonder het wiskundig genie Turing had de Tweede Wereldoorlog hoogstwaarschijnlijk nog veel meer levens geëist.

Alan Turing raakte bij het brede publiek bekend door de film *The Imitation Game* uit 2014. De film vertelt hoe Turing dankzij zijn wiskundig vernuft de Enigmacode brak waarmee de Duitsers tijdens de Tweede Wereldoorlog hun berichten versleutelden. Turing en zijn team bedachten een machine, die ze The Bombe noemden (over de werking van de machine, zie p.11). De naam zou naar verluidt verwijzen naar het tikkende geluid dat het toestel maakte. Turing werd zo de eerste hacker! Die krachttoer werd echter jaren stilgehouden. In plaats van een held te worden, raakte Turing in de problemen. Vanwege zijn homoseksualiteit werd hij in 1952 tot een keuze gedwongen: gevangenisstraf of inname van hormonen, een vorm van chemische castratie. Hij koos voor het laatste, maar stierf in 1954 onder verdachte omstandigheden. Waarschijnlijk maakte hij een eind aan zijn leven door in een appel met cyanide te bijten. Het gerucht gaat dat dit de inspiratie vormde voor het logo van Apple.

Vader computer

Maar wat heeft Alan Turing met computers te maken? Turing wordt beschouwd als de vader van de computer en de Artificiële Intelligentie (AI), dankzij zijn werk over de fundamenten van de wiskunde.

Voor de oorlog promoveerde hij op een probleem uit de wiskundige logica. Dat vakgebied gaat over geldig redeneren: aan welke voorwaarden moet een redenering voldoen om te concluderen dat een uitspraak waar of onwaar is? Turing onderzocht of er een algoritme bestaat dat binnen een bepaald tijdsbestek kan beslissen of een uitspraak waar is of niet (voor uitleg van algoritmes, zie kader). Turing bedacht – bij wijze van experiment – een machine die dit probleem zou kunnen oplossen, de computer dus. Die machine heeft hij in tegenstelling tot The Bombe nooit gebouwd.
Na de Tweede Wereldoorlog ging Turing zich vooral op filosofische vragen toeleggen. Inmiddels hadden anderen computers gebouwd, al konden die nog niet zelf met algoritmes op de proppen komen. Mensen moesten toen nog handmatig programmeren. Volgens Turing was het echter een kwestie van tijd voor een machine zelf zou kunnen denken en algoritmes uitvinden.
Om de intelligentie van een machine te meten bedacht hij de *imitation game*, het gedachte-experiment dat later als de Turingtest bekend zou worden en waarmee je kunt bepalen of machines kunnen denken. Als je als mens niet weet of je met een mens of een computer aan het praten bent, dan slaagt de computer voor de test.

Turingtest

De *imitation game* van Turing bestaat uit een proef met drie deelnemers: een man, een vrouw en een derde persoon van wie het geslacht niet relevant is en die zich in een andere ruimte bevindt. Die derde persoon – de ondervrager – gaat de mensen in de andere kamer vragen stellen. Aan de hand van hun antwoorden moet de interviewer kunnen vaststellen wie de man is en wie de vrouw. Stel nu dat je de man door een computer vervangt: zal de ondervrager dan even vaak de verkeerde conclusie trekken als wanneer de vragen door een echte man worden beantwoord?

KLEDINGKAST EN ALGORITMES

Als je ’s morgens voor de kledingkast staat, voer je een soort ‘algoritme’ uit: je verwerkt snel een heleboel informatie (input): Wat is de weersvoorspelling? Wat ga je allemaal doen vandaag? Stel dat je in veel verschillende leslokalen en gebouwen moet zijn, zijn je lievelingsschoenen dan wel handig? Je denkt aan eerdere ervaringen met die schoenen: zitten ze goed genoeg? Op basis van al die informatie maak je een aantal keuzes, die leiden tot je outfit van vandaag (output).
Een algoritme is een fundamenteel begrip uit de computerwetenschappen. Het bestaat dus uit een aantal opeenvolgende beslissingsmomenten, waarin informatie (input) wordt verwerkt tot een resultaat (output).



WAKKER WORDEN IN 2030

In 2000 waren er nog geen smartphones, WhatsApp of mobiel internet, allemaal zaken die we nu volstrekt normaal vinden. Er waren toen wel laptops, maar die waren vaak zwaar en altijd peperduur.

Opdracht 1

Stel je voor dat je wakker wordt in 2030, hoe ziet de wereld er dan uit? *Tip:* Sta eerst stil bij recente technologische ontwikkelingen van de afgelopen vijf of tien jaar.

ANDROÏDEN

Filosofen maken vaak het onderscheid tussen sterke en zwakke AI. Bij zwakke AI gaat het om machines die specifieke taken uitvoeren met een bepaald doel. De machines werken *alsof* ze intelligent zijn (simulatie). De assistent Siri is daar een goed voorbeeld van. Sterke AI daarentegen heeft zelfbewustzijn en een vrije wil, en is intelligent. Die vorm van AI bestaat nog niet. Het is maar de vraag of die ooit komt en, zo ja, in welke mate.

Toch spreekt sterke AI het meest tot de verbeelding. Veel sciencefiction gaat hierover, zoals de film *Blade Runner*. In die film hebben androïden in tegenstelling tot mensen geen échte herinneringen. Ze kennen ook geen empathie. Om het verschil tussen mens en robot te detecteren, is er de Voight-Kampff-test, een soort leugendetector waarbij aan de hand van vragen gespeurd wordt naar empathie.

Opdracht 2

Bekijk dit fragment uit de film *Blade Runner* (https://www.youtube.com/watch?v=Umc9ezAyJv0). Op welke manieren kun je mensen van machines (robots) onderscheiden?

Kan een robot:
1) creatief zijn?
2) roddelen?
3) een mop vertellen?
4) empathie hebben?
5) irritatie opwekken?

Vervolgvraag: op de vragen waar je 'nee' op antwoordt: in hoeverre denk je dat een robot dit in de toekomst wel zal kunnen?

Hulpvragen:
- Wat is typisch menselijk?
- Hoe zou jij intelligentie omschrijven?
- Kan een machine/computer/robot intelligent zijn?
- Kan een machine/computer/robot denken?



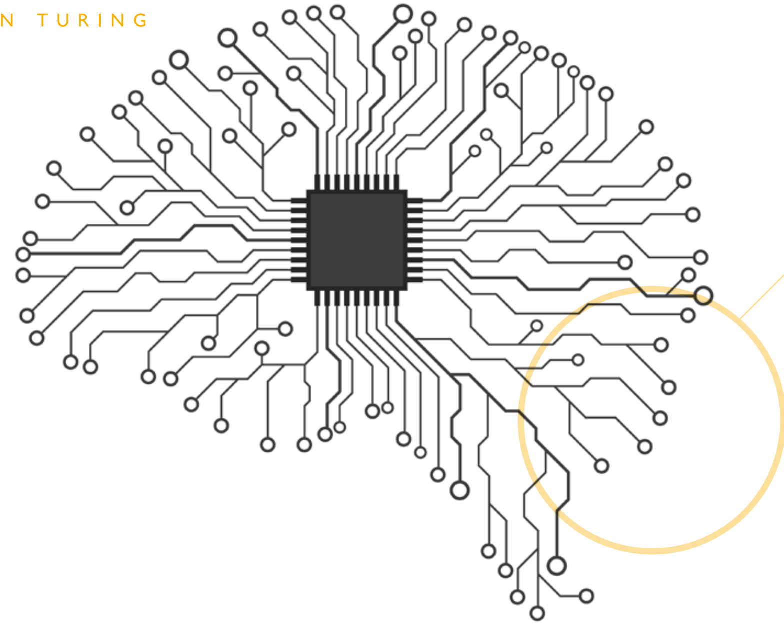
VIRTUELE ASSISTENT

Stel vragen aan Siri, Alexa of Google Assistant zoals:
- Kun je een mop vertellen?
- Wat is de zin van het leven?
- Vraag aan Siri wie Alan Turing is (de reactie die Siri ons gaf: 'Sorry, ik zie Ellen Türingen niet tussen je contacten').

Opdracht 3

Waaraan merk je dat een chatbot of virtuele assistent niet menselijk is? Geef concrete voorbeelden. Welke vragen kan je aan een spraakassistent stellen en welke niet?

Turing heeft dus een gedachte-experiment bedacht dat hem in staat stelde om de abstracte vraag 'kunnen machines denken' te vervangen door concrete testvragen die geschikt zijn voor machines. Als de vragensteller het onderscheid tussen mens en computer niet achterhaalt, kunnen we concluderen dat de machine intelligent is. In het beroemde artikel 'Computing Machinery and Intelligence' uit 1950, waarin Turing dit experiment uit de doeken deed, anticipeerde hij al op forse kritiek. Bijvoorbeeld op commentaar uit theologische hoek: denken is een eigenschap van een onsterfelijke ziel, een dier of machine kan dus nooit denken. Van dit tegenargument was Turing niet onder de indruk. Zelf verwachtte hij dat er tegen het jaar 2000 wel een computer zou zijn die de test zou doorstaan, een verwachting die niet zou uitkomen.



VERLIEFD OP SAMANTHA

In de film *Her* uit 2013 wordt Theodore Twombly verliefd op spraakassistente Samantha. Ze voeren lange, diepgaande en intelligente gesprekken. Dat soort chatbotten zijn nog toekomstmuziek, daarvoor is het onderzoeksdomein Natural Language Processing (NLP) nog niet ver genoeg gevorderd.

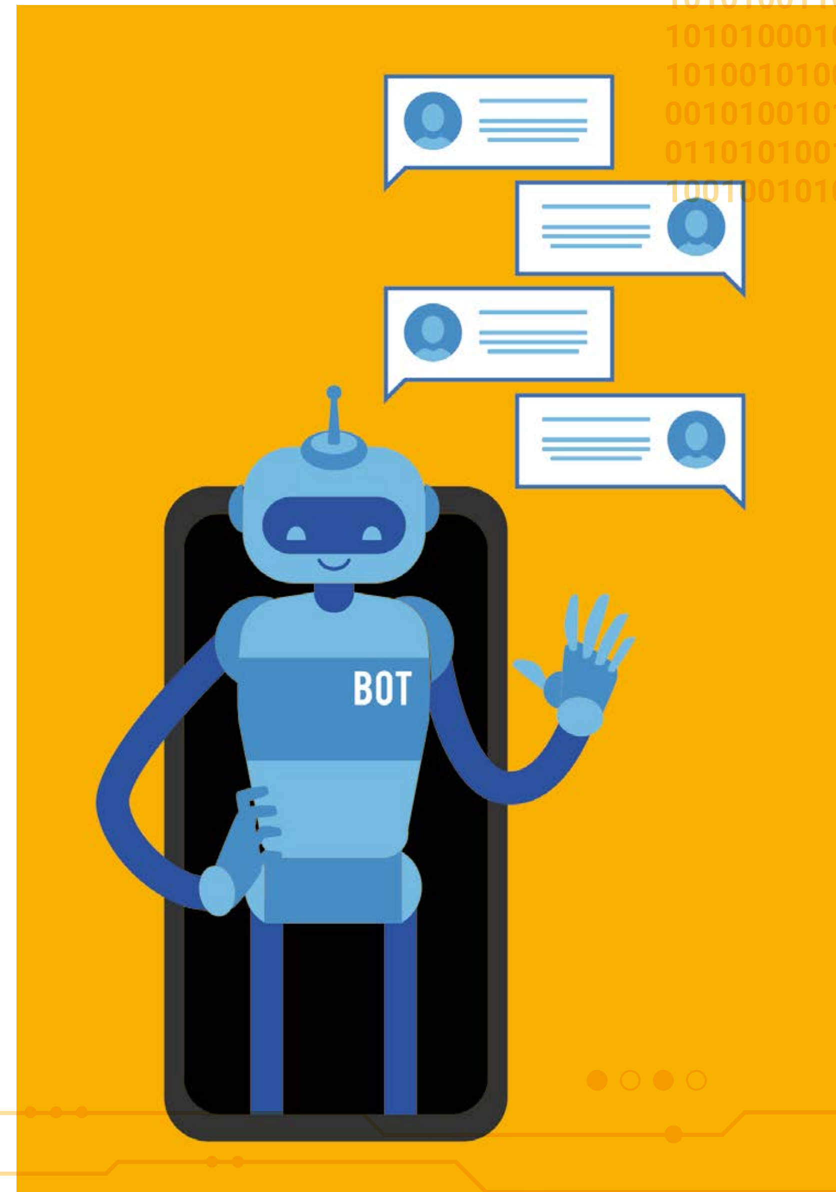
Toch zijn er wel vaker mensen die niet doorhebben dat ze met een chatbot praten, bijvoorbeeld als ze te maken krijgen met bots – robots die voorgeprogrammeerde berichten kunnen versturen – op de datingapp Tinder. Deze verwarring gaat al terug tot de jaren 1960, toen Joseph Weizenbaum de chatbot ELIZA ontwikkelde. Je kon een bericht naar ELIZA sturen, die op basis daarvan in standaardzinnen 'antwoordde'. Weizenbaum was gechoqueerd toen hij zag hoe mensen op ELIZA reageerden. Hij zag bijvoorbeeld met lede ogen aan hoe zijn secretaresse intieme gevoelens met ELIZA ging delen en hem zelfs vroeg om de kamer te verlaten. Hoewel Weizenbaum begreep dat je gevoelens voor objecten zoals auto's of muziekinstrumenten kunt koesteren, had hij niet kunnen bevroeden dat rationele mensen zulke sterke emoties voor een eenvoudig computerprogramma zouden hebben. Hij vond die reacties erg overdreven.

Chatbots

Alan Turing werkte zijn imitation game nooit helemaal uit. Dat deed de Amerikaanse uitvinder Hugh Loebner (1942-2016) wel; hij bedacht er een uitvoerige variant op. Sinds 1990 vindt jaarlijks de Loebner-wedstrijd plaats in het Zuid-Engelse landgoed Bletchley Park, de plek waar Turing de Duitse code brak. Deelnemers

worden opgeroepen om een computer te programmeren aan de hand van twintig, van tevoren nauwkeurig omschreven vragen die geheugen, redeneren, algemene kennis en persoonlijkheid testen. Dat moet een interactie van 25 minuten tussen deze ‘chatbot’ en een jury opleveren. Tijdens de wedstrijd leggen de juryleden de vragen voor, zowel aan computers als aan mensen. De juryleden moeten vervolgens aan de hand van de antwoorden achterhalen wie de computers en wie de ‘echte’ mensen zijn.
In tegenstelling tot Turings verwachting heeft tot op heden geen enkel programma de jury meer dan 30 procent van de tijd voor de gek kunnen houden. Toch zijn er regelmatig nieuwsberichten waarin wordt beweerd dat programmeurs voor de Turingtest geslaagd zijn. Dat was bijvoorbeeld het geval in 2018, bij de presentatie van Google Duplex, een uitbreiding van de spraakassistent Google Assistant. Er werd toen een filmpje vertoond waarin de spraakassistent een telefonische afspraak met de kapper maakt. Duplex bootst bepaalde imperfecties in de menselijke spraak (‘hmm’ en ‘euh’) na, om ‘natuurlijker’ over te komen. We weten echter niet hoeveel pogingen Google nodig had om een geslaagde afspraak te maken. Waarschijnlijk krijgt de buitenwereld in het filmpje alleen de meest succesvolle poging te zien. Of Google Duplex aan de strikte voorwaarden van een Turingtest voldoet, is dus niet duidelijk.

Door zijn baanbrekend werk voor de wiskunde, computerwetenschappen en AI kun je de nalatenschap van Alan Turing nauwelijks overschatten. Toch duurde het tot 2013 voordat hij postuum eerherstel kreeg van Queen Elisabeth en zijn veroordeling voor homoseksualiteit herroepen werd. Dat Turing in 2021 met een bankbiljet wordt geëerd, komt dus allesbehalve te vroeg.



JE EIGEN TURINGTEST

In de test die Turing ontwierp, werden mensen voor de gek gehouden: als ze niet wisten of ze met een machine dan wel met een mens aan het praten waren, was de test geslaagd.
Nu ga je zelf je eigen Turingtest ontwerpen. Wat moet een machine kunnen om mensen voor de gek te houden? Bijvoorbeeld: als een machine een nieuw recept voor een taart zou kunnen bedenken en die is zo lekker dat die indruk maakt op een panel van chef-koks, dan is deze Turingtest geslaagd. Zie bijvoorbeeld de demo van IBM over Chef Watson: https://www.youtube.com/watch?v=CciMiJJrCd8.

Opdracht 4

Bedenk in kleine groepjes een Turingtest. Denk aan de hierboven beschreven échte Turingtest. Waartoe moeten de machines in jullie test in staat zijn om een jury voor de gek te houden? Schrijf de opzet, de voorwaarden en de vragen van jullie test uit. Wees ook kritisch: waar zitten mogelijk zwakke punten in de test?
Leg jullie test vervolgens voor aan de andere groepjes. Wie heeft de beste en origineelste ideeën? Is het mogelijk om jullie test te laten uitvoeren door Siri of Google Assistant? Zo ja, leg de test voor aan de spraakassistent!

SYNTHETISCHE MENS

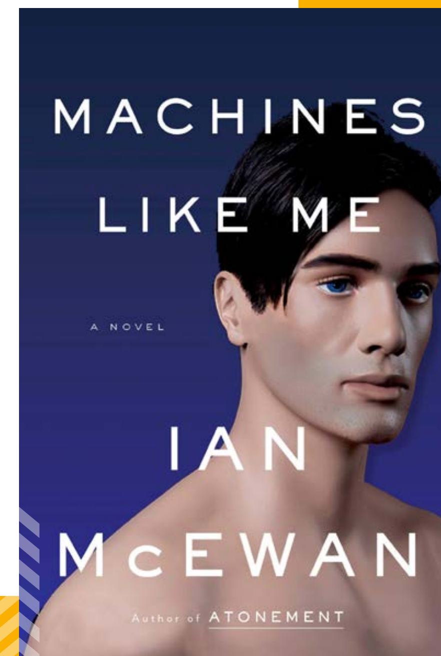
De roman *Machines zoals ik* (2019) van Ian McEwan speelt zich af in een fictieve versie van het Verenigd Koninkrijk in de jaren tachtig. Alan Turing leeft nog! Hij drinkt graag Nederlandse jenever. Turing is inmiddels uitgegroeid tot een oorlogsheld, draagt de titel Sir en is nog steeds actief als wetenschapper. Met zijn team heeft hij net een zeer intelligente robot oftewel een synthetische mens ontwikkeld. Er worden slechts 25 versies van op de markt gebracht, twaalf 'Adams' en dertien 'Eva's'.

Charlie, de hoofdpersoon uit de roman, koopt een Adam. In de instellingen van de robot bepalen hij en zijn vriendin Miranda elk 50 procent van Adams 'persoonlijkheid'. Adam is heel gevoelig en schrijft zelfs haiku's. Met zijn feilloze geheugen, zijn technologische mogelijkheden (zoals camera- en geluidsregistratie) én een moreel kompas dat veel scherper lijkt dan dat van zijn eigenaar, brengt hij Charlie en Miranda in de problemen. Tijdens een ruzie wil Charlie Adam uitschakelen (deactiveren), waarop Adam zo heftig reageert dat hij Charlie verwondt. Na een reeks aanvaringen verwondt Charlie op zijn beurt de robot. Dit neemt Turing Charlie zeer kwalijk, want het verschil tussen een mens en een synthetische mens is volgens hem helemaal niet groot.
Voor de 25 robots is het lastig om de complexe, menselijke wereld te begrijpen: mensen blijken onstandvastig te zijn, ze handelen inconsequent, spreken zichzelf tegen, worden gestuurd door emoties et cetera. Sommige robots hebben daar zo veel moeite mee dat ze besluiten zichzelf uit te schakelen.

Opdracht 5

Reflecteer op de volgende vragen:

- Welke verantwoordelijkheid dragen we als we 'synthetisch leven' scheppen?
- In hoeverre mogen we robots loslaten op onze complexe wereld als zij die niet echt kunnen begrijpen?
- Zijn Adams morele standaarden 'echt' of doet hij slechts alsof hij die heeft?
- In hoeverre kan een computer menselijk moreel gedrag aanleren? Kan een robot moreel beter zijn dan een mens, kan die bijvoorbeeld eerlijker en rechtvaardiger zijn?



- Heeft Adam een echte persoonlijkheid? Is hij een individu?
- In hoeverre is de mens zelf een machine?

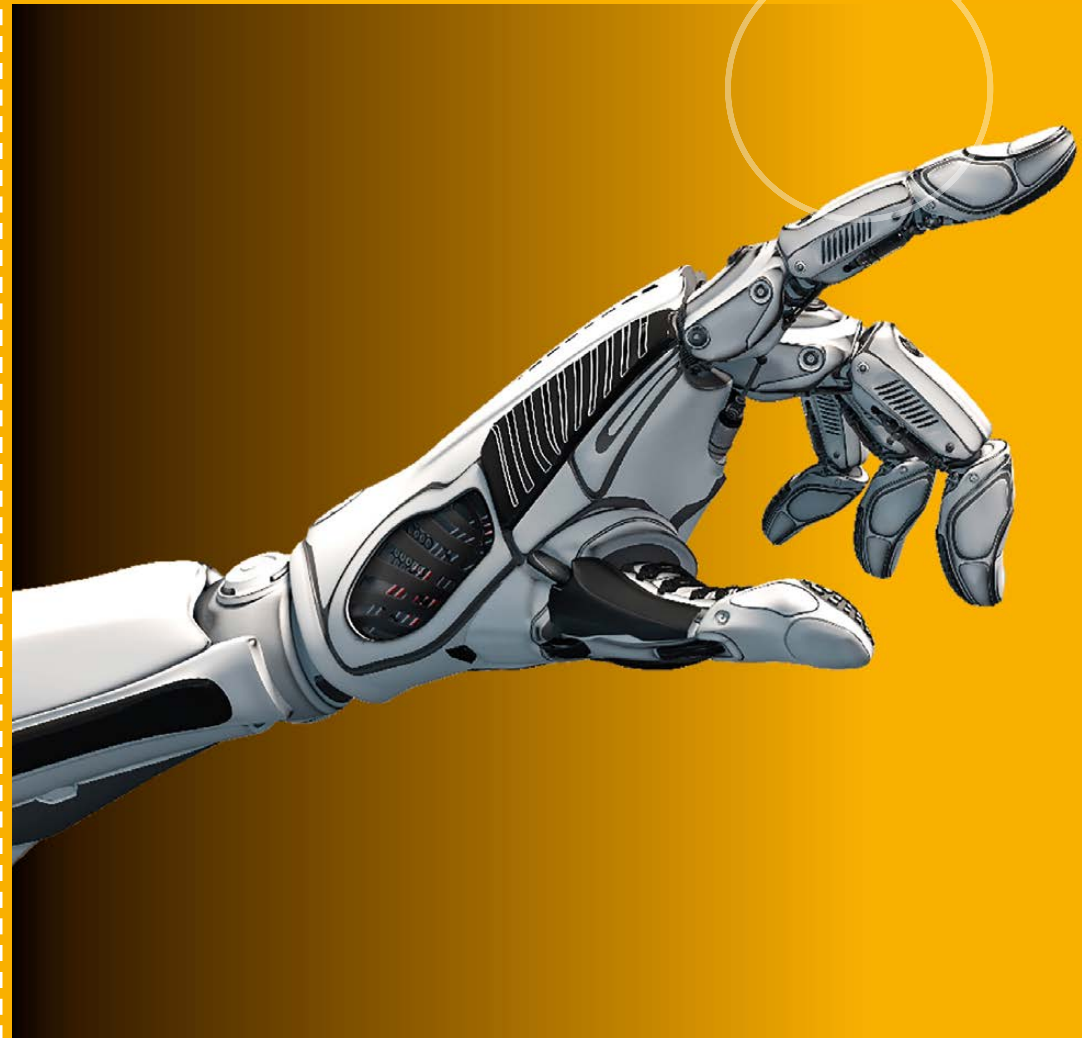
CYBORGS

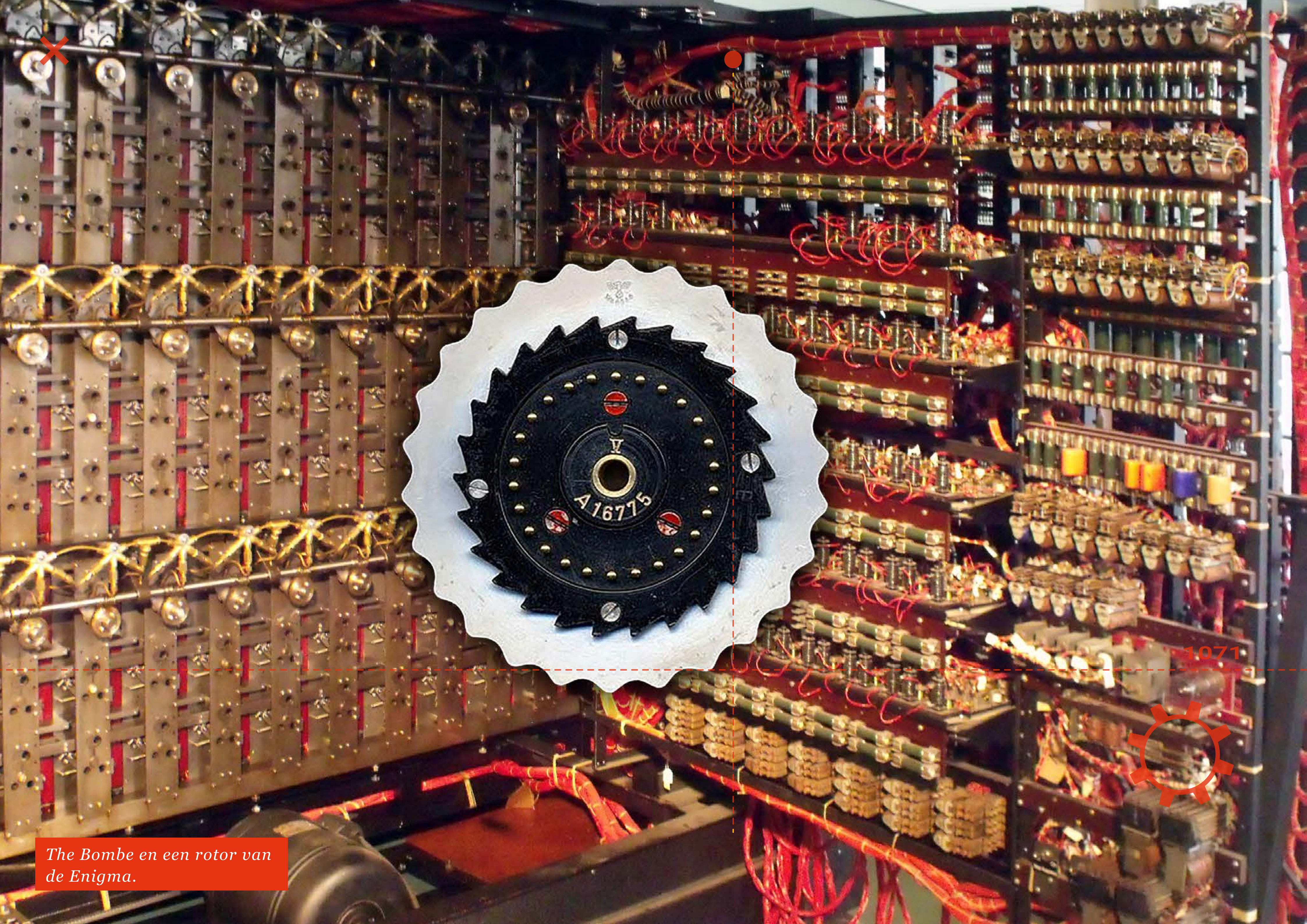
Ken je de term 'cyborg'? Vandaag worden we als mens geboren, maar velen van ons zullen als cyborg sterven. De term cyborg – deels mens, deels machine – klinkt misschien als sciencefiction, maar dat is het niet. Denk bijvoorbeeld aan de pacemaker van je opa of oma. Dat is in feite een computertje. Veel pacemakers zijn al met het internet verbonden. En er zijn ook bionische armen of benen voor oorlogsinvaliden of voor mensen met aangeboren beperkingen.
Met implantaten zoals knie- en heupprotheses zijn we al langer vertrouwd. Dat zijn geen computertechnologieën, maar implantaten die we gaandeweg probleemloos hebben aanvaard. We hebben niet het idee dat ze onze menselijke waardigheid of integriteit aantasten.
Verdere ontwikkelingen van computerimplantaten, waar we nu nog niet mee vertrouwd zijn, kunnen net als de genoemde protheses niet een aantasting, maar juist een uitbreiding van menselijke waardigheid vormen. Dankzij wetenschap en technologie verbetert de mens zichzelf al eeuwen – met duidelijk resultaat, want we worden steeds ouder. Dat doen we ook met onderwijs of sport.
Het maatschappelijk debat moet zich dus niet richten op de vraag óf we wel cyborgs mogen worden, maar op de vraag wat voor cyborgs we willen zijn.

Opdracht 6

Computers dwingen ons na te denken over wat het betekent om mens te zijn. Denk na over de volgende vragen:

- Aan welke voorwaarden moet computertechnologie voldoen die deel wordt van ons mens-zijn?
- Wat vind je van een cyborg die vervelende emoties uitschakelt?
- Mag je een implantaat op de markt brengen als dat enkel betaalbaar is voor de *happy few*?





The Bombe en een rotor van de Enigma.

091071129

Hoe werkte 'The Bombe'?

Vanaf de Eerste Wereldoorlog werkten de Duitsers aan een machine waarmee ze boodschappen versleuteld konden versturen. Toch bleek deze 'Enigma' tijdens de Tweede Wereldoorlog nog een zwak punt te hebben. Die zwakte buitte Alan Turing uit met zijn razendsnelle decoder.

Tijdens de Eerste Wereldoorlog werkten de Duitsers aan een manier om hun boodschappen zo te versleutelen dat een gegeven letter niet steeds naar hetzelfde versleutelde equivalent werd omgezet. Dit om ontcijfering door de vijand tegen te gaan (zie opdracht 8). Het duurde tot 1920 voordat Enigma werkelijkheid werd. Het was een elektromechanisch encryptieapparaat dat nog het meest weghad van een typemachine. Als je een toets indrukte, zette dat in het apparaat bepaalde rotors in beweging. Ze maakten minimaal 1 en maximaal 26 stappen. Doordat de rotors continu van positie veranderden, werd elke letter telkens weer anders vercijferd. Bij drie rotors kreeg je 158.962.555.217.826.360.000 mogelijke manieren om te versleutelen. Met vooraf verspreide codeboeken die onder meer de positie van de rotors toonden, kon je de Enigma elke dag anders instellen. En als de ontvanger dezelfde instelling gebruikte als de zender kon die eerste gewoon de versleutelde letter intikken, waarna een lampje op het toestel oplichtte bij de originele letter. Het duurde tot 1929 voordat er barsten in de veiligheid van Enigma verschenen. Drie Poolse wiskundigen vonden een zwak punt in het systeem. Ironisch genoeg was het juist datgene waarvan de Duitsers dachten dat dit het sterke punt was. De Polen waren erachter gekomen dat Enigma een letter nooit tot diezelfde letter versleutelde. Een A bleef dus nooit een A, een B kon nooit een B worden. De Polen gebruikten dat principe en konden op die manier de onderschepte communicatie deels ontcijferen.

Toen de Tweede Wereldoorlog uitbrak hadden de Duitsers de Enigma verbeterd, maar het zwakke punt was nog niet weggewerkt. De Britten bouwden voort op de kennis van de Polen. Ze wisten dat bepaalde woordcombinaties in ieder geval moesten voorkomen in de boodschappen van de U-boten, zoals '*Heil Hitler*', '*Keine besonderen Ereignisse*' ('niets te melden') en WEUB (afkorting voor '*Wetterübersicht*' of 'weerbericht'). Zo hadden ze een startpunt om de Enigma-instellingen van deze boodschappen te achterhalen. Instellingen die letters tot zichzelf versleutelden – bijvoorbeeld WEUB tot WOLA – konden immers geëlimineerd worden. Om dat proces te versnellen, ontwikkelden Alan Turing en zijn team rond 1940 een machine die ze The Bombe noemden. In tien minuten tijd onderzocht The Bombe alle mogelijke instellingen van Enigma op letters die naar zichzelf verwezen. De machine stopte zodra die geen tegenstrijdigheden meer vond tussen de oorspronkelijke en versleutelde teksten. Daarna konden de operatoren van de machine met de gevonden instelling van Enigma nagaan of de ontcijferde boodschappen steekhielden. Zo werd The Bombe een machtig wapen tegen de Duitsers.

09107112930 129

091071129

CEASAR CIPHER

De basis voor de codering met de Enigma ligt in de oudheid. Toen al werden militaire plannen versleuteld verstuurd om te voorkomen dat eventuele onderscheppers ze zouden begrijpen. In *Over de levens van de keizers* (circa 121) schreef Suetonius bijvoorbeeld het volgende over Julius Caesar: 'Wanneer hij iets vertrouwelijks te zeggen had, schreef hij het versleuteld, dat wil zeggen, door het verschuiven van de letters van het alfabet, zodat men het woord niet meer kan begrijpen. Als iemand het wil ontcijferen, moet hij de vierde letter van het alfabet vervangen, dat wil zeggen A voor D, en zo verder met de andere letters.'
Die versleutelingsmethode staat nu bekend als de Caesar Cipher. In totaal heb je 26 manieren om de letters van het alfabet te verschuiven. In het voorbeeld verschuif je ze drie plaatsen: A wordt D, B wordt E, enzovoort. Als je de oorspronkelijke letters wil ontcijferen, schuif je telkens drie plaatsen terug. De Caesar Cipher is niet echt waterdicht: je kan makkelijk met de hand alle 26 mogelijke verschuivingen uitproberen totdat je een boodschap krijgt die steekhoudt.



De Enigma lijkt op een typemachine.

Opdracht 7

Kies elk een getal tussen 1 en 26. Schrijf een zin en versleutel die met de Caesar Cipher met jouw gekozen getal. Verdeel de boodschappen onderling en probeer zo snel mogelijk de gekregen boodschap te ontcijferen. Vertel achteraf aan elkaar hoe je het hebt aangepakt. Heb je in het wilde weg enkele verschuivingen uitgeprobeerd of koos je een bepaald getal bewust uit?

SUBSTITUTIE CIPHER

Caesar Cipher is niet veilig, omdat we de boodschappen zelfs handmatig kunnen ontcijferen. In het slechtste geval test je 26 verschuivingen tot de boodschap betekenis heeft. Wat als je nu alle letters door een willekeurige letter zou vervangen? Dan heb je ineens 26x25x24...x2x1 of ongeveer 400.000.000.000.000.000.000.000.000 mogelijkheden. Die kunnen we onmogelijk allemaal met de hand of zelfs met een computer uitproberen.
Toch is ook dat systeem, dat we de Substitutie Cipher noemen, niet sluitend. Bij lange teksten kan je namelijk tellen hoe vaak de gebruikte letters voorkomen en die aantallen vergelijken met hoe vaak letters doorgaans in de taal van het bericht voorkomen. In het Nederlands komt de letter E bijvoorbeeld het vaakst voor, gevolgd door de N en de A.

Opdracht 8

Kies nu een sleutel door de letters van het alfabet te 'schudden' zoals kaarten van een kaartspel. Schrijf vijf regels tekst en versleutel die met jouw substitutie cipher. Je kan dit met de hand doen of gebruikmaken van het codeerveld van de Technische Universiteit Delft, zie https://fa.its.tudelft.nl/~ridderbos/proefstuderen/substitutie.html.
Verdeel onderling de boodschappen en probeer weer om zo snel mogelijk je gekregen boodschap te ontcijferen. Je kan hiervoor het beste gebruikmaken van de tools op de website van de TU Delft. Doe een frequentieanalyse (je kijkt hoe vaak een bepaalde letter voorkomt) en raad op basis daarvan de sleutel. Is de boodschap niet meteen leesbaar? Verander dan nog enkele letters door de tekst goed te bestuderen.

PARADOX

Turing werd de vader van de computer door zijn werk in de wiskundige logica. Vanaf 1900 streefde de Duitse wiskundige David Hilbert (1862-1943) er al naar om alle wiskunde te ontbinden in logische bouwblokken. Dat systeem van regels moest volgens hem voldoen aan drie voorwaarden:

1. consistentie: het mag geen contradicties bevatten;
2. volledigheid: als iets waar is, moet er een bewijs voor bestaan;
3. beslisbaarheid: er bestaat een algoritme dat in eindige tijd kan beslissen of iets bewijsbaar is (staat bekend als het Entscheidungsproblem).

De bekende Oostenrijks-Amerikaanse wiskundige en logicus Kurt Gödel (1906-1978) bewees dat je nooit een systeem kan maken dat én consistent én volledig is: de onvolledigheidstellingen van de wiskunde. Dit zorgde voor een schokgolf in de wiskunde. Toch was zijn idee eenvoudig; het was gestoeld op de paradoxale uitspraak die in onderstaande opdracht staat.

Tegelijkertijd met Gödel ontwikkelde Turing het concept van de computer die algoritmes kan uitvoeren, maar waarvan hij via een analoge paradox kon bewijzen dat je niet van elk algoritme weet dat het in eindige tijd uitgevoerd kan worden. Op deze manier ontkrachtte hij Hilberts derde eis.

Opdracht 9

Bestudeer de uitspraak ‘Deze bewering kan je niet bewijzen’. Wat kan je concluderen over de consistentie- en volledigheidseisen als je veronderstelt dat je deze uitspraak kan bewijzen? En wat zijn mogelijke conclusies als je veronderstelt dat je de uitspraak niet kan bewijzen?



Kijk-, lees- en luistertips

SPEELFILMS EN SERIES

- *Blade Runner* (1982), sciencefictionfilm van Ridley Scott; vervolg *Blade Runner 2049* (2017).
- *Black Mirror* (vanaf 2011), Britse Netflix-serie (5 seizoenen, 22 afleveringen) over de impact van technologische ontwikkelingen in de 21ste eeuw.
- *Ex Machina* (2015), Britse sciencefictionthriller over Turingtest van Alex Garland.
- *Her* (2013), veelvuldig gelauwerde romantische sciencefictionfilm van Spike Jonze.



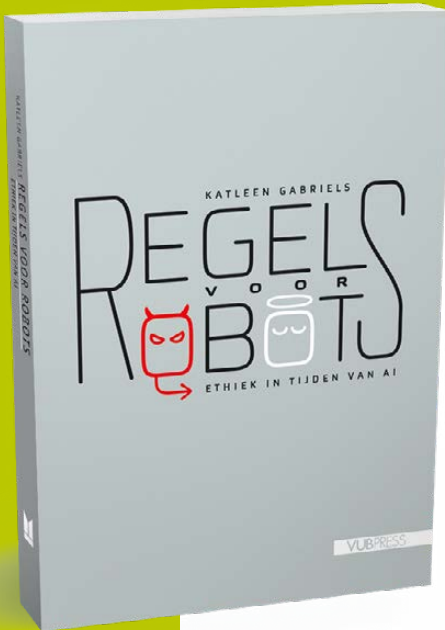
- *Real Humans* (vanaf 2012), Zweedse serie (2 seizoenen, 20 afleveringen) die zich afspeelt in een alternatief hedendaags Zweden, waar inwoners zich moeten aanpassen aan de komst van commerciële androïden.
- *The Imitation Game* (2014), romantische verfilming van het leven van Alan Turing door Morten Tyldum.
- *Westworld* (vanaf 2016), Amerikaanse HBO-serie (3 seizoenen, 28 afleveringen) over een technologisch geavanceerd western-themapark dat volledig bevolkt wordt door androiden. Bezoekers (mensen) kunnen er doen wat ze willen.

DOCUMENTAIRE, EDUCATIEVE VIDEO'S EN WEBSITES

- *De herontdekking van de wereld*, Canvas, seizoen 1 (2016), deel 5, waarin Ann Dooms haar held Alan Turing achterna reist, , te zien via https://onderwijs.hetarchief.be/.
- *Voor voetbalrobots*, zie https://www.techunited.nl/.
- *Kunnen robots discrimineren*, zie https://www.universiteitvanvlaanderen.be/college/kunnen-robots-discrimineren/.
- *Herken jij een schilderij dat door een robot is gemaakt*, zie https://www.universiteitvanvlaanderen.be/college/herken-jij-een-schilderij-dat-door-een-robot-gemaakt/.
- *Zijn robots binnenkort onverwoestbaar*, zie https://www.universiteitvanvlaanderen.be/college/zijn-robots-binnenkort-onverwoestbaar/.
- *Gaat de robot de chirurg vervangen*, zie https://www.prostatecenter-europe.nl/davinci-robot.

VIDEO'S TECHNOLOGIEBEDRIJVEN

- Presentatie Google Duplex: https://www.youtube.com/watch?v=D5VN56jQMWM.
- Demo van IBM over Chef Watson: https://www.youtube.com/watch?v=CciMiJJrCd8.



BOEKEN

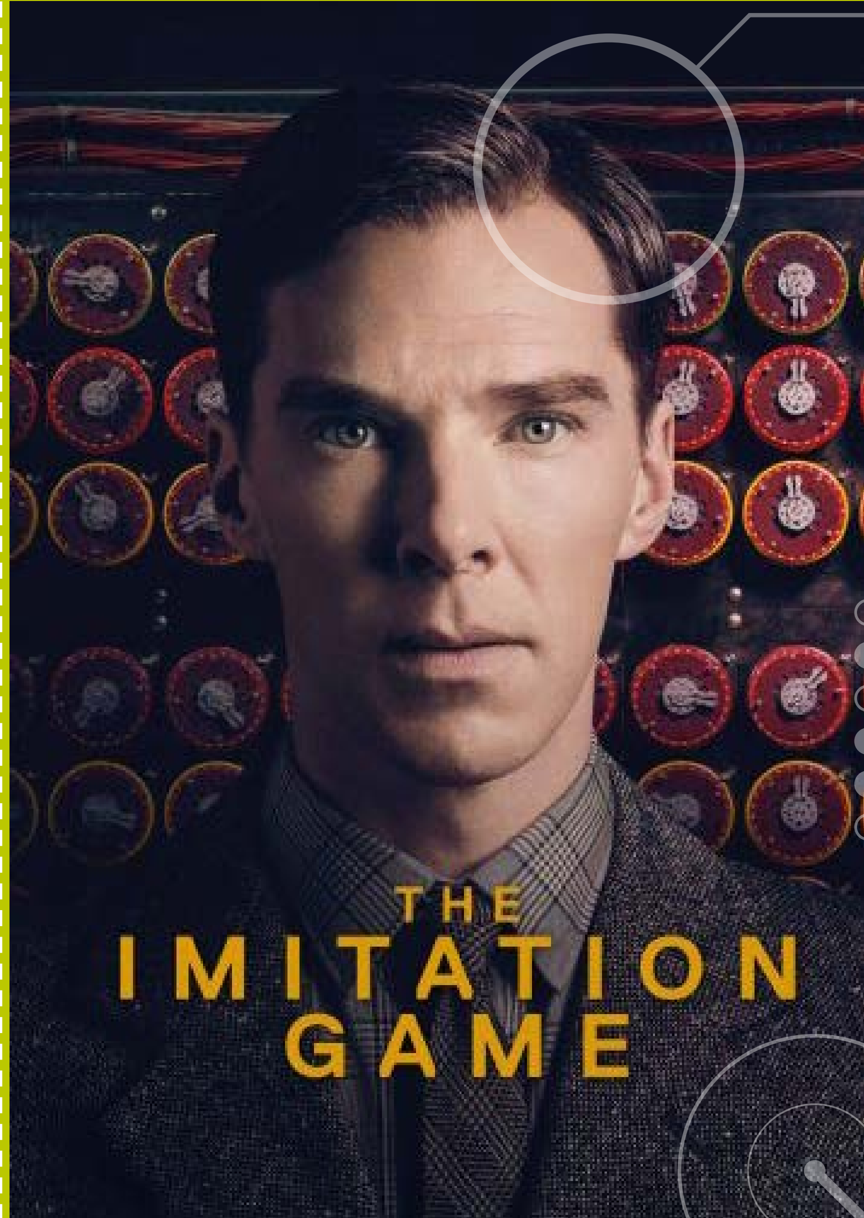
- Ian McEwan, *Machines zoals ik*, De Harmonie, 2019.
- Katleen Gabriels, *Regels voor robots*. Ethiek in tijden van AI, VUBPress, 2019.
- Katleen Gabriels en Ann Dooms, *Van melkweg tot moraal. Wetenschap en verwondering*, Academia Press, 2020.
- Jan Hoogland e.a., *Denken, ontwerpen, maken. Basisboek techniekfilosofie*, Boom Uitgevers, 2007.
- An Jacobs, ea. (red), *Homo Roboticus, 30 vragen en antwoorden over mens, robot & artificiële intelligentie*, VUBPress, 2019.
- Peter-Paul Verbeek, *De daadkracht der dingen*, Boom Uitgevers, 2007.

OVER DE AUTEURS



Deze lesbrief is geschreven door **dr. Ann Dooms** (←), Assistant Professor wiskunde (Vrije Universiteit Brussel) en **dr. Katleen Gabriels** (→), Assistant Professor filosofie en ethiek (Universiteit van Maastricht).





VERANTWOORDING ILLUSTRATIES

P. 1 Alan Turing: © jecinci: www.jecinci.com / p. 1 The Bombe: © TedColes en.wikipedia.org, Creative Commons CCO / p. 2 Alan Turing: © Crown Copyright, 1946. / p. 2 Appel: © ingimage.com / p. 4 Schoenen: © ingimage.com / p. 6 Brein: © Andrii_M, Vectorstock / p. 7 Chatbot© Sabelskaya, Vectorstock / p. 9 Robothand: © vitaliy_sokol, Depositphotos / p. 10 The Bombe: © Elliott Brown Creative Commons CC BY / p. 10 Rotor Enigma: © Bob Lord, en.wikipedia.org, Creative Commons CC BY-SA / p. 12 Enigma: © J Brew Creative, Commons CC BY-SA 2.0 / p. 13 Letters: © ingimage.com / Grafische elementen alle pagina's: © vectorstock.com

COLOFON

De lesbrief 2020/2021 over Alan Turing is, evenals de eerdere lesbrieven over Jan Patočka, Spinoza, Rousseau, Kant en Arendt, een uitgave van Stichting Internationale Spinozaprijs en bestemd voor gebruik in het onderwijs.

Vormgeving en opmaak: Bart van den Tooren
Redactie: Socrates & co
www.spinozalens.nl